

山形大学紀要（工学）第14巻 第1号 昭和51年2月
Bull. of Yamagata Univ. Eng., Vol. 14 No.1 Feb. 1976

衝撃大電流による細線金属の爆発現象

土屋 政光*・佐藤 秀昭**

*工業短期大学部 電気工学科

**工 学 部 電気工学科

（昭和50年9月25日受理）

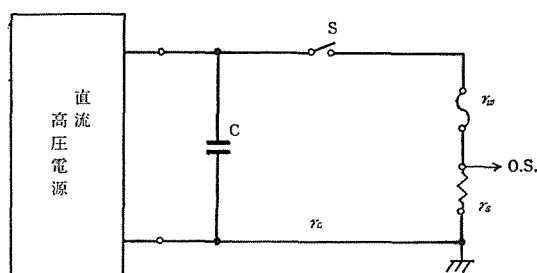
1. まえがき

衝撃大電流による細線金属の爆発現象に関しては、従来から多くの研究が行われて来た。(1)~(4) この現象は、爆発の制御が容易であり、高いエネルギー密度を容易に得ることができることから、高エネルギー領域における実験手段として用いられている。(8),(10) (11) また、爆発時に発生する衝撃力や飛散する熔融金属粒子流を粒利用した、放電成形や金属の溶射コーティングなどの応用が試みられている。(4)~(9) しかし、極めて短時間内の高エネルギー現象であるために、測定時の困難さを伴い、爆発現象全体の機構については、いまだに不明確な点が多く、この点についての研究が進められている。(11)~(13)

本研究においては、主として以下の事柄について究明することを目的として実験を行った。(1) 細線が溶断するまでの時間について、理論値と実測値とを比較検討する。(2) 衝撃波の圧力および伝播特性を測定し、衝撃波に変換されるエネルギー効率について検討する。(3) 細線溶断後の金属粒子の動向を高速度カメラを用いて観測する。(4) 細線周囲の障壁からの反射衝撃波を測定し、反射衝撃波が後続の金属粒子流に及ぼす影響について観測する。(5) 細線爆発を利用した溶射コーティング効率の変化について検討する。

2. 実験装置および方法

実験に用いた回路の概略を第1図に示す。この場合のコンデンサCは、静電容量40 μ F、

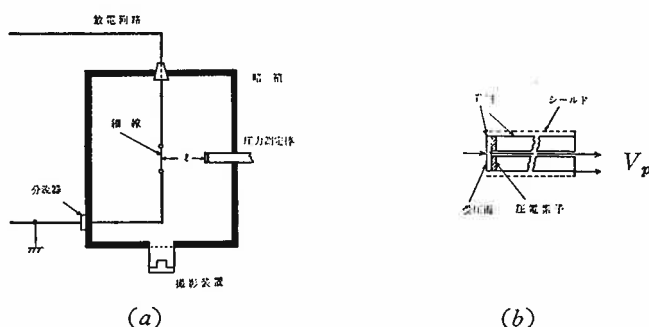


第1図 実験回路

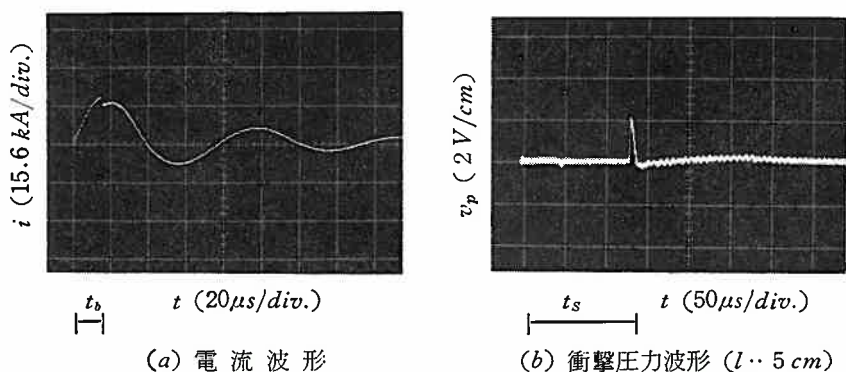
*現在鶴岡工業高等専門学校勤務

耐圧 10kV のものを用いた。 r_s は放電電流測定用の抵抗（無透導，円板形）で， r_s の電圧波形を測定し電流値を求めた。一般に放電回路の全抵抗 r は，分流器抵抗 r_s ，細線抵抗 r_w ，リード線の抵抗 r_c の和となる。細線が溶断しない程度の低エネルギー放電を行い，このときの電流波形の周期および対数減衰率から，回路の全インダクタンス L ，総抵抗 r を求めると， $L=3.6\text{mH}$ ， $r=70\text{m}\Omega$ であった。細線金属としては，銅，アルミニウムおよび鉛を用いた。また，第2図（a）は放電電流波形，衝撃圧力波形の測定および爆発フレームの撮影に用いた装置の概略である。細線および放電回路の一部を暗箱（ $50\times 40\times 60\text{cm}$ ）中に収め，衝撃圧力測定棒およびフレーム観測用のガラス製の窓を取付けてある。衝撃圧力の測定は，圧電性セラミックス NEPEC 6（直径 5 mm，厚さ，0.5 mm，東北金属 K.K 製）を，黄銅棒に接着し，圧電素子の出力電圧波形 v_p をシンクロコップを用いて測定した。第2図（b）は，圧力測定棒の構造を示す。

放電電流波形 i ，衝撃圧力波形 v_p の測定例を第3図（a），（b）に示す。電流波形 i において，不連続点が溶断時を示し，この時間を溶断時間 t_b と定義した。放電開始電圧 V_c を変えた場合について t_b の変化を測定した。第2図（b）の衝撃圧力波形 v_p の測定は，電流 i をシンクロスコープのトリガーとして行ったが， v_p の最大値 V_p までの時間を，衝撃波



第2図 衝撃圧力，爆発フレームの観測装置の概略



鉛線：直径0.8mm，長さ30mm V_c ：(a) 3 kV，(b) 7 kV

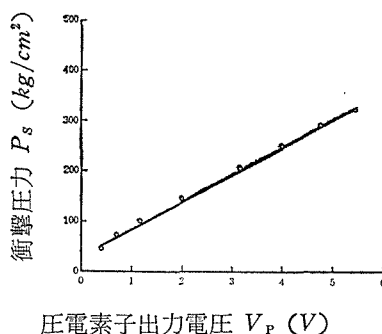
第3図 電流波形 i ，衝撃圧力波形 v_p の測定例

到達時間 t_s と定義した。第2図(a)における、細線と受圧板との距離 l およびコンデンサエネルギー $W_c (= \frac{1}{2} CV_c^2)$ を変化させて、最大値 V_p 、衝撃波到達時間 t_s を測定した。また、細線の周囲に障壁を設置した場合の、障壁からの反射衝撃波についても同様の測定を行った。

圧電素子を用いて測定した出力電圧の、衝撃圧力への変換は相対的な方法によった。すなわち、圧力測定棒の受圧板に、重量0.05gの鋼球を自由落下させ、このときの圧電素子の出力電圧 V_p を測定した。鋼球を落下させたときの衝撃応力 σ は次式によって示され、⁽¹⁴⁾ これをこのときの衝撃圧力 P_s とした。

$$\sigma = \sigma_0 (1 + \sqrt{1 + 2h/\lambda_0}) \quad (1)$$

ただし、 σ_0 は受圧板上に、0.05gの鋼球の重量を静荷重として加えたときの応力、 λ_0 はこのときの圧電素子の縮み、 h は荷下距離である。圧電素子のヤング率 $E = 1.02 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、断面積 $A = 0.2 \text{ cm}^2$ 、厚さ $d = 0.05 \text{ cm}$ であるから⁽¹⁵⁾、 $\sigma_0 = 2.5 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^2$ 、 $\lambda_0 = 1.23 \times 10^{-11} \text{ cm}$ となる。これらの値を式(1)に代入し、 h に対する R_s を計算して求めた。同一の落下路離 h に対する、 P_s と V_p との関係を第4図に示す。以下の測定では、第4図を校正曲線として用いた。



第4図 衝撃圧力 P_s の校正曲線

爆発フレームの観測は、フレームの軌跡および時間的变化を、通常のカメラおよび高速度カメラ（ハイカム・ハイスピードカメラK2001）を用いて撮影した。軌跡の撮影は、放電開始直前にカメラのシャッターを開き、爆発終了後に閉じる方法により、時間的变化の撮影は、高速度カメラによるコマ撮りおよびストリーク撮影の2方法によって行った。コマ撮りの際の撮影速度は、6400コマ/秒（1コマ8mm）であり、ストリーク撮影の場合も同様の速度で撮影した。

細線周囲に設置した障壁面にコーティング用紙（白色上質紙）を張り付け、これを母材として溶射金属によるコーティングを行った。この場合のコーティング効率 η は、コーティング前後の用紙の重量 m 、 m' および細線の重量 M を測定し、次式によって求めた。

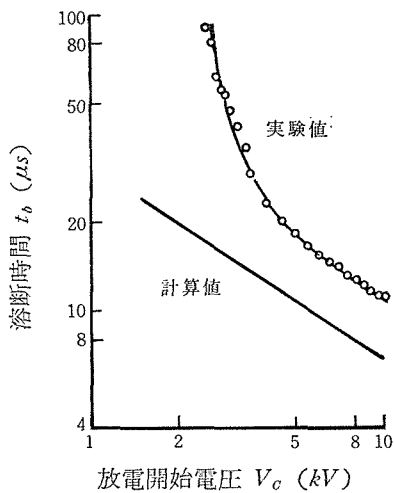
$$\eta = (m' - m) / M \times 100\% \quad (2)$$

3. 実験結果

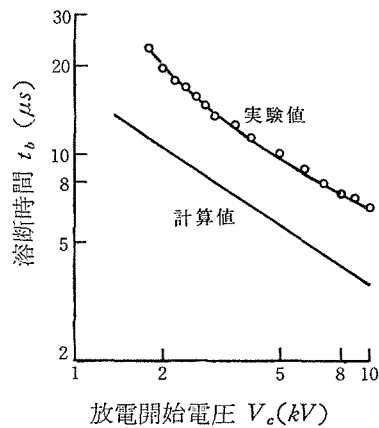
銅線および鉛線を溶断したときの電流波形を求め、溶断時間 t_b を測定した。第5図(a)～(c)は、コンデンサの放電開始電圧 V_c と t_b との関係の測定結果である。この場合の溶断時間 t_b は、(1) 断熱変化である。(2) 抵抗の温度変化は1次式で表わされる。(3) 細線の断面積は一定である。との仮定に基づき、次式によって与えられている。^{(16), (17)}

$$t_b = (3gL^2)^{\frac{1}{3}} V_c^{-\frac{2}{3}} S^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

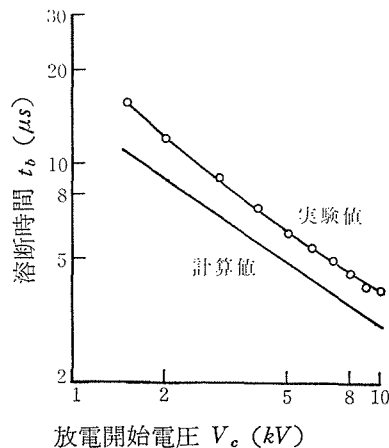
この場合、 L ：インダクタンス、 V_c ：コンデンサ放電開始電圧、 S ：細線断面積、 g ：電流の2乗積分値を示し、 g の値は細線が溶断するまでに要するエネルギーに対応する。 g の



(a) 鉛線（直径0.8mm，長さ30mm）

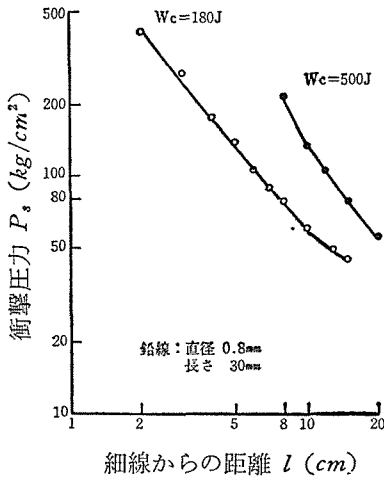


(b) 鉛線（直径0.5mm，長さ24mm）

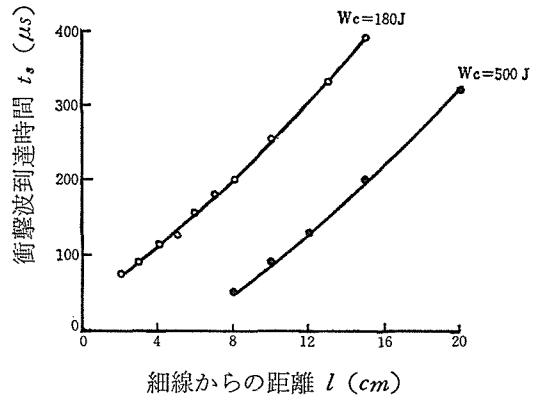


(c) 銅線（直径0.18mm，長さ30mm）

第5図 溶断時間 t_b の測定結果



第6図 細線からの距離 l と衝撃圧力 P_s との関係



第7図 細線からの距離 l と衝撃波到達時間 t_s との関係

値を各金属について求めると、 $g_{pb}=0.33 \times 10^8$ 、 $g_{Al}=4.56 \times 10^8$ 、 $g_{Cu}=11.7 \times 10^8$ (A/cm^2) $^2 \cdot s$ となる。これらの値を式(3)に代入して t_b を求め、第5図に示してある。第5図において、 t_b の実測値は V_c の大きい範囲においては、 $V_c^{-2/3}$ に比例し理論値と一致した傾向を示すが、 V_c の小さい範囲および細線直径の大きい場合には異なった傾向を示すようになる。

細線から圧力測定棒の受圧板までの距離 l を変化し、細線を溶断したときに発生する衝撃圧力波形を測定した。第6図および第7図は、このときの圧力波形から求めた、距離 l と衝撃圧力 P_s および衝撃波到達時間 t_s との関係を示す。第6図によれば、細線に供給されるエネルギー密度が大きい場合ほど、衝撃圧力 P_s が大きくなる傾向を示している。また、このときの P_s は、細線から受圧板までの距離 l に対して

$$P_s = k_1 l^{-a} \quad (k_1 \text{ は定数})$$

の関係があり、供給されるエネルギーが大きく、かつ l の小さい方から順に、 $a > 1$ 、 $a \approx 1$ 、 $a < 1$ の3領域に分けることができる。これらの領域は、それぞれ l による P_s の減衰が著しい領域、 l と P_s とがほぼ反比例する領域、 l による P_s の減衰が比較的小さい領域を表わしている。なお、細線をアルミニウム、銅にしても、上述と同様の傾向が見られた。同一エネルギーを供給した場合には、融点の低い金属ほど P_s は大きくなる。

また、第7図に示した、細線からの距離 l と衝撃波到達時間 t_s との関係を示す曲線において、直線部の傾きから衝撃波の速度が求められる。同図から、衝撃波速度が400m/sであり、約1.2マッハであることが示される。

単位長あたり E_s なるエネルギーが、密度 ρ の大気中に急激に放出されたとき、発生する円筒状衝撃波の半径 R と時間 t との関係は、次式によって与えられる。⁽¹⁸⁾

$$R = (E_s/\rho)^{1/4} \cdot (t - t_0)^{1/2} \quad (4)$$

この場合、 t_0 はエネルギーが供給されてから、衝撃波を発生するまでの時間である。式

(4) から

$$(2R)^2 = 4(E_s/\rho)^{\frac{1}{2}} \cdot (t-t_0) \quad (5)$$

が得られ、 t に対して $(2R)^2$ をプロットすれば、傾きが $n = 4(E_s/\rho)^{\frac{1}{2}}$ の直線となり、 t 軸との切片は衝撃波発生時間 t_0 を示すことになる。また、 n より衝撃波に与えられるエネルギー E_s が求められる。

第7図において、 l を R に、 t_s を t に置き換えて、 t と $(2R)^2$ との関係性を求めると第8図が得られる。第8図の直線部の傾き n および t 軸との切片から、前述のようにして、供給エネルギー E_s および衝撃波発生時間 t_0 が求められる。第1表は、細線金属の種類、長さ、コンデンサエネルギー W_c を変えたときの、発生時間 t_0 および衝撃波に供給されるエネルギー $W_s = E_s l$ 、変換効率 $\eta_s = W_s/W_c$ の計算結果である。次に第9図は、細線と受圧板との距離 l を一定に保ち、 W_c を変化させたときの、衝撃波到達時間 t_s および衝撃圧力 P_s の測定結果である。測定結果から、 W_c が大きいほど、 t_s が小さく P_s が大きくなるという傾向が示されている。

第10図は、溶断時間 t_b と衝撃圧力 P_s との関係性を求めた結果である。これらの結果は、いずれの細線の場合にも

$$P_s = k_2 t_b^{-\delta} \quad (k_2 \text{ は定数})$$

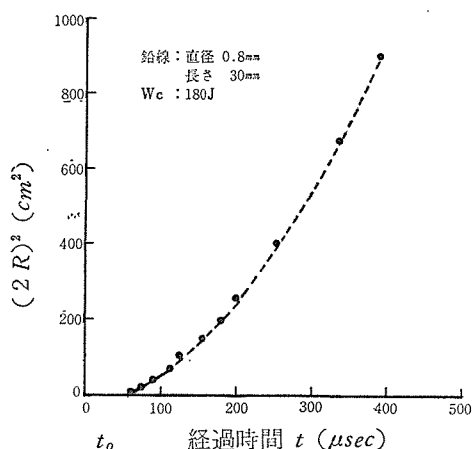
によって表わすことができることを示している。 δ の値は、0.5～1.0の範囲にある。

細線からの距離 d の場所に平板障壁を設置し、障壁板から反射される衝撃波の圧力を測定した。この場合の細線と障壁板および圧力測定棒の配置を第11図に示す。この結果、細線から障壁の反射点 P までの距離 l' と反射点 P から受圧板までの距離 l'' との和を l_r としたときの、 l_r と P_s および t_s の関係は、障壁板のないときの l と P_s および t_s の関係と同様な傾向を示している。 $l_r = l$ における P_s と t_s の比較から、障壁における衝撃波の減衰が少ないことが判明した。この場合の減衰の割合は、最大の場合でも10%程度の値を示している。

コンデンサエネルギー W_c を変化させた場合の、爆発フレーム（溶融した金属粒子流）の静止写真の撮影結果を、第12図および第13図に示す。第12図は鉛細線、第13図はアルミニウム細線についての測定結果である。第12図 (b) においては、2～3重の光の明暗が確認される。また、同図 (c) においては、細線に供給されるエネルギーが十分でないため、大きな粒子のまま散乱している。この傾向は、アルミニウム（第13図）の場合に特に著しい。

第14図 (a), (b) は、爆発フレームのコマ撮りおよびストリーク写真の撮影結果である。これらの写真においても、静止写真において認められた、光の明暗を示す部分の存在が確認される。

細線の周囲に障壁として円筒、半円筒、平板を設置した場合について、爆発フレームの動向の変化を観測した。第15図 (a) ～ (e) は、この場合の静止写真の撮影結果で、爆発フレームの軌跡を示す。いずれの場合も、障壁の存在によってフレームの伸びがおさえられ、特に第15図 (b) の半円筒障壁の場合には、障壁の存在によって、フレームに指向性が与えられている。また、同図 (d) は、平行板の中央で細線を爆発させた場合であるが、フレームは上下方向へ伸びている。同図 (e) は、平行板の中央から右寄りの位置で

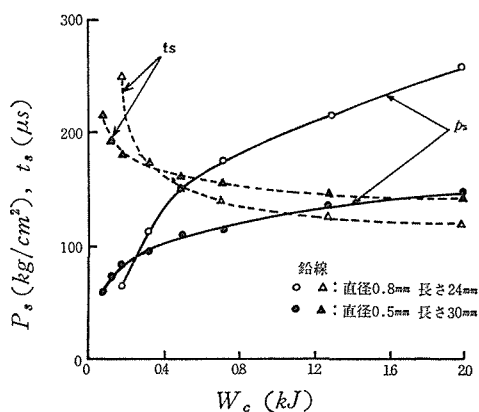


$$t_o = 56\mu s, W_s = 38.4J, \eta_s = 21.4\%$$

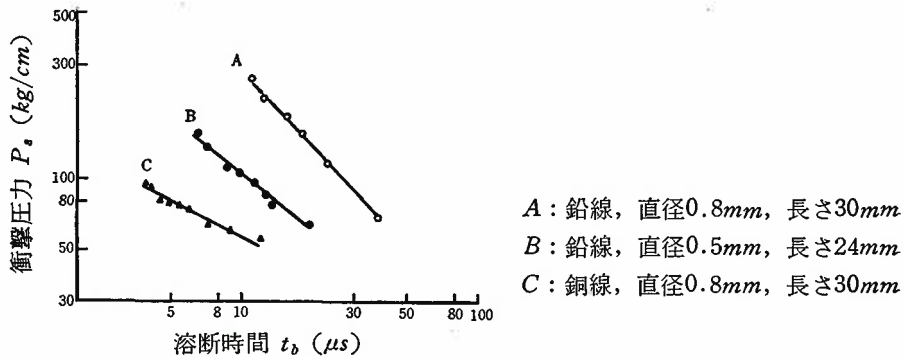
第 8 図 経過時間 t と $(2R)^2$ との関係

第 1 表 コンデンサ・エネルギー W_c と衝撃波発生時間 t_o ，衝撃波変換エネルギー W_s ，変換効率 η_s

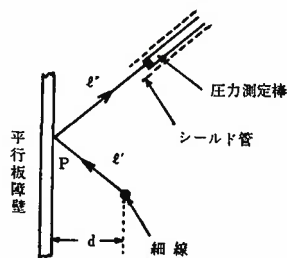
実 験 条 件			測 定 結 果		
材 質	直径×長さ(mm)	$w_c (J)$	$t_o (\mu s)$	$W_s (J)$	$\eta_s (\%)$
鉛	0.8×30	180	56	38	21
〃	0.5×24	500	15	159	32
〃	0.5×24	180	23	107	60
アルミニウム	0.8×30	500	70	72	14
〃	0.7×30	500	60	155	31
〃	0.6×30	500	10	87	17
〃	0.5×30	180	15	72	40
銅	0.18×30	500	20	113	23



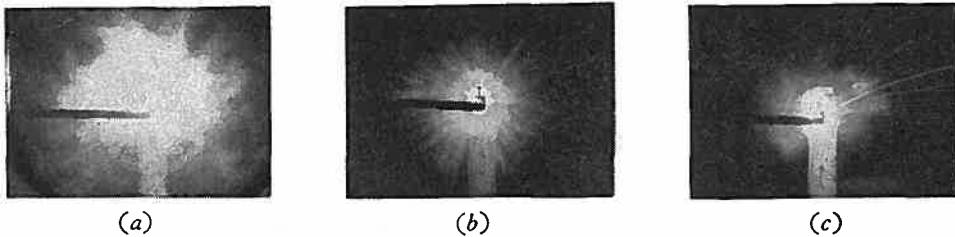
第 9 図 コンデンサエネルギー W_c と衝撃波到達時間 t_s ，衝撃圧力 P_s との関係



第10図 溶断時間 t_b と衝撃圧力 P_a との関係



第11図 反射衝撃波の測定における障壁と圧力測定棒の配置



コンデンサエネルギー W_c : (a) 1000J, (b) 180J, (c) 80J

鉛線: 直径0.8mm, 長さ30mm

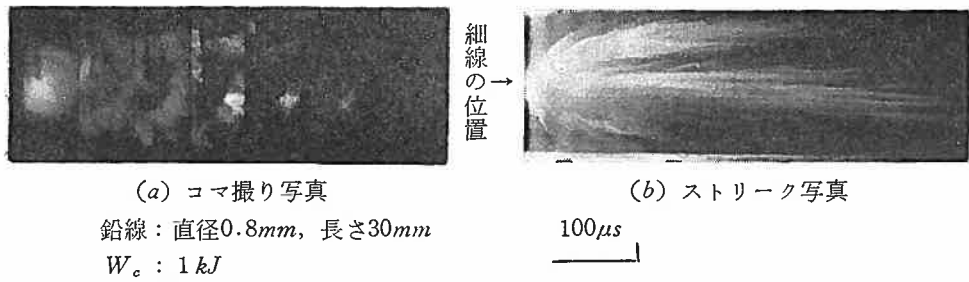
第12図 爆発フレイムの軌跡 (鉛線)



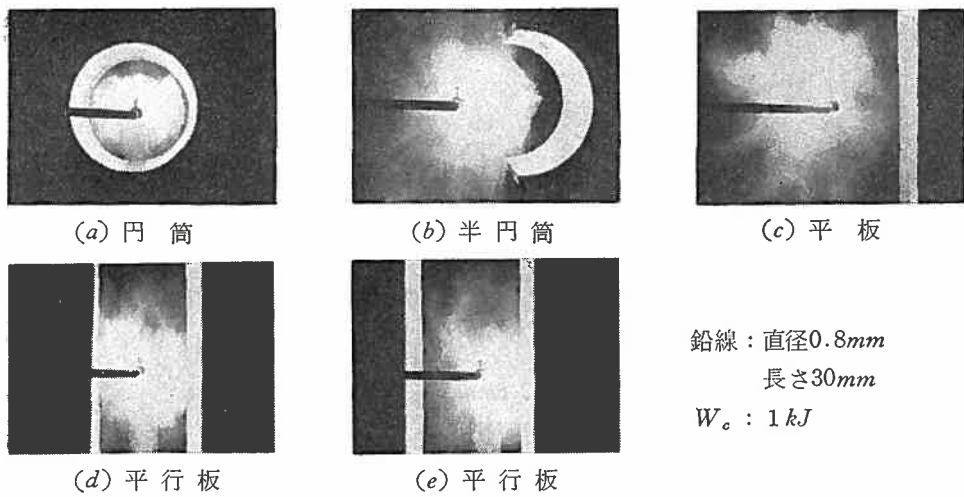
コンデンサエネルギー W_c : (a) 2000J, (b) 320J

アルミニウム線: 直径0.5mm, 長さ30mm

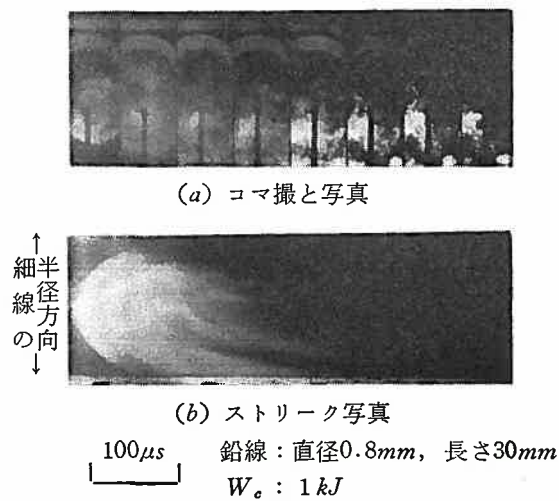
第13図 爆発フレイムの軌跡 (アルミニウム線)



第14図 フレームの時間的变化



第15図 各種障壁を設置した場合のフレームの軌跡

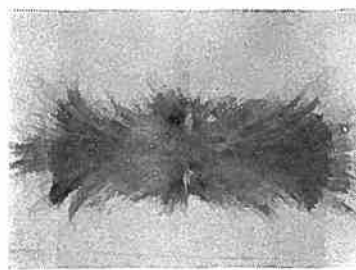


第16図 半円筒障壁を設置した場合のフレームの時間的变化

細線を爆発させた場合であるが、フームの左側の伸びが押さえられている。

次に、前述の観測でフレムに指向性が与えられている第15図(c)の場合について、高速度カメラによるコマ撮りおよびストリーク写真の撮影を行い、フレムの動向の時間的な変化を観測した。この場合の撮影結果を、第16図(a), (b)に示す。半円筒障壁は、フレムの上部に設置してあるが、図(b)のストリーク写真の場合には、障壁は撮影されていない。フームは障壁と反対方向に流されており、静止写真の結果を裏付けている。

円筒内部で細線を爆発させ、円筒内壁に対するコーティング効率を測定した。この場合のコーティングは、円筒内壁に張り付けた白色紙に対して行ったが、コーティング記録の一例を第17図に示す。コーティング記録から、爆発フレムが3部分に分けられることが観察される。このことは、高速度写真の撮影結果からも認められる。障壁の種類、コンデンサエネルギーを変えた場合について、コーティング前後の用紙の重量変化を測定し、式



鉛線：直径0.8mm，長さ30mm

第17図 円筒内壁に対するコーティング記録

第2表 障壁の配置およびコンデンサ・エネルギー W_c とコーティング効率 η

(鉛線：直径0.8mm，長さ30mm)

- (a) 平板，平行板のコーティング 効率 η (細線—板間隔 2 cm) (b) 半円筒のコーティング効率 η (半円筒半径 : 5 cm, 細線—半円筒内壁の距離 : 5 mm)

W_c (J)	η (%)	障 壁
720	5	平 板
720	21	平 行 板

W_c (J)	η (%)
500	18
320	21
180	33
125	34

(c) 円筒内壁のコーティング効率 η (円筒半径 : 5 cm)

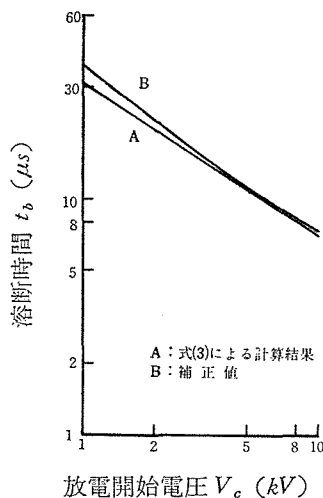
W_c (J)	η (%)	細 線 の 位 置
500	19	円 筒 中 心
125	44	"
500	33	円筒内面から 5 mm
125	57	"

(2) に従ってコーティング効率を求めた。コーティング効率の測定結果を第2表(a)～(c)に示す。第2表(a)の平板に対するコーティング効率は、5%程度で低い値を示しているが、平行板の場合には21%で、平板にくらべ4倍程度に向上されたことを示している。また、円筒について測定結果、第2表(c)，は、同一エネルギーの場合には、細線の位置を円筒中心軸からはずし、内壁に沿ったフレームの流れを生じさせた方が、コーティング効率が向上することを示している。第2表(b)は、半円筒内壁に対するコーティング効率のコンデンサエネルギー W_c による変化を示すが、 W_c の小さい程効率が向上する傾向を示している。

4. 考察および検討

(1) 溶断時間 t_b の測定結果は、放電開始電圧 V_c が $V_c > 3 \sim 4 \text{ kV}$ の範囲においては、 $V_c^{-2/3}$ に比例し理論式(3)と一致した傾向を示している。しかし、 V_c が小さくなるに従って、 $V_c^{-2/3}$ から逸脱し理論式(3)とは異なった傾向を示すようになる。この傾向は、細線の直径が大きい場合(0.8mm)に著しく現われている。 V_c が小さく、細線直径の大きいことは、細線に供給されるエネルギー密度が小さいことを意味し、このような場合には、式(3)を導くにあたって用いた仮定が、成立しなくなると考えられる。

まず、 t_b を求める式(3)を導く過程において、 $\alpha t_b \ll 1$ (ただし、 $\alpha = r/2L$) としているが、この点に問題がある。 V_c が小さい場合、すなわち低エネルギーを供給した場合には、エネルギー供給速度が小さく、したがって t_b も長くなる。この場合には、 $\alpha t_b \ll 1$ の仮定が成立しない。また、気化開始時の鉛の抵抗率を計算すると、抵抗率は $213.6 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})$ となり、常温の抵抗率にくらべ約10倍にも達している。したがって $\alpha = r/2L$ も増大する。そこで、直径0.8mm、長さ30mm鉛線についての溶断時間を、回路抵抗の変化を無視しないで計算した。この場合の結果を第18図に示す。 V_c の小さい範囲すなわちエネルギー供給速度の小さい範囲においては、 t_b が増加する傾向を示すが、式(3)によ



第18図 放電回路の抵抗変化を考慮して補正した場合の溶断時間 t_b の計算結果

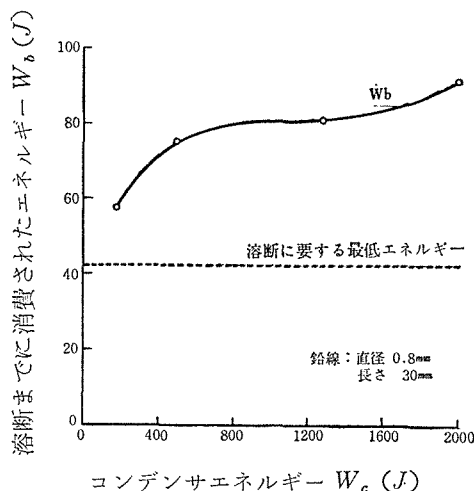
る結果と大差はない。そこで、次に細線の断面積 S の変化について検討を試みた。

断面積 S の変化は、溶融から気化に至る段階で特に大きく、常温の場合の10～25倍にも達するとの報告もある。⁽¹⁹⁾ S の増加は抵抗の減少を意味し、前述の温度上昇による抵抗の増加とは相反する結果を招くが、 t_b を大きくする方向に作用する。

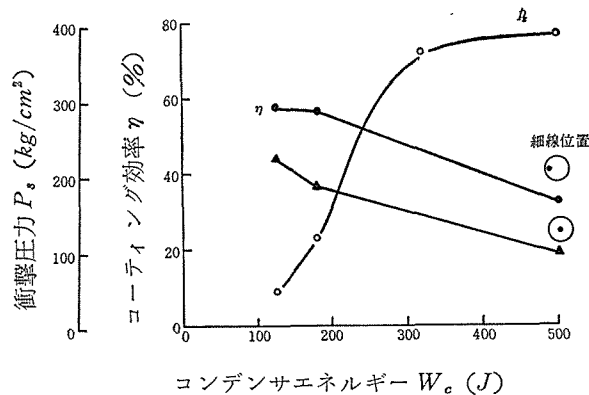
このように、 V_e が小さく細線に供給されるエネルギー上昇速度の小さい場合には、細線の抵抗率の変化、断面積の変化、さらに抵抗変化による電流波形の変化が重要になる。このような場合の、 t_b の理論式を導く過程においては、これらの変化を考慮する必要があるが、今後の課題としたい。

(2) 細線から受圧板までの距離 l と衝撃圧力 P_s との間には、 $P_s = k_1 l^{-a}$ の関係があり、 a の値によって $a > 1$ 、 $a \simeq 1$ 、 $a < 1$ の3領域に分けられることが確認された。 $a > 1$ の範囲は、 W_e が大きく l が小さい範囲であって、強力な衝撃波が形成されているものと考えられる。この場合には、衝撃波周囲の大気圧力との傾きが大きく、減衰が大きいものと考えられる。 $a \simeq 1$ 、すなわち衝撃波圧力が伝播距離にほぼ反比例するのは、速度一定で進行する円筒衝撃波において一般に認められる性質である。また、 $a < 1$ の場合は、 W_e が小さく l の大きい範囲であって、このときの衝撃波は弱い衝撃波に移行し、大気との圧力差が少なくなっており、減衰の割合が小さいものと考えられる。

(3) 溶断 ($t = t_b$) までに、細線で消費されるエネルギーを、実測した電流波形をもとに算出した。この場合の消費エネルギー W_b は、 $W_b = (\text{電流})^2 \times (\text{細線の平均抵抗})$ ⁽²⁰⁾ によって求めた。 W_e に対する W_b の計算結果を第19図に示すが、図中の破線は細線が溶断するのに必要な最低エネルギーの計算値である。第19図の結果は、 W_e の大きいほど、すなわちエネルギー供給速度の大きいほど、溶断までに大きなエネルギーが供給されることを示している。 W_e を大きくすると、衝撃波圧力 P_s は第9図に示したように増大するが、この場合の P_s の W_e に対する変化は、第19図における W_e と W_b との関係に類似している。このことは、最低エネルギーに対する過剰エネルギーの差が、衝撃波の発生に重要な役割を果たしていることを示している。



第19図 溶断までに消費されたエネルギー W_b



円筒直径：5 cm，鉛線：直径0.8mm，長さ30mm

第20図 コンデンサエネルギー W_c と衝撃圧力 P_s ，コーティング効率 η との関係

(4) 第20図は，円筒内筒に対するコーティング効率 η と W_c との関係の測定結果に，同じ条件における P_s の測定結果を合わせて示したものである。同図から P_s の小さい程， η が大きくなることが示される。

5. むすび

(1) 細線に電力が供給され始めてから 溶断に到達するまでの期間は，細線爆発現象におけるきわめて重要な部分である。一般に用いられている溶断時間 t_b の理論式は，エネルギーの供給速度が大きい範囲においては，実測値と一致した傾向を示す。しかし，エネルギー供給速度の小さい範囲においては，細線の温度上昇による細線抵抗および断面積の変化を考慮した計算式を導く必要がある。

(2) 爆発によって発生する衝撃波の圧力 P_s の大きさは，細線へのエネルギー供給速度の大きい程大きくなる。溶断時間 t_b と P_s との関係は， $P_s = k_2 t_b^{-\delta}$ ($\approx 0.5 \sim 1.0$) の実験式によって示される。 t_b はエネルギー供給速度の大きいほど小さくなる。

(3) 電気エネルギーを 衝撃波エネルギーに変換する場合の効率，細線へのエネルギー供給速度に関係する。大きな変換効率を得るためには，回路の抵抗，インダクタンスおよび静電容量を小さくし，コンデンサの充電電圧を大きくすることが必要となる。

(4) 細線周囲の障壁からの反射衝撃波は，後続の爆発フレーム（熔融金属粒子の流れ）に大きな影響を与える。細線爆発による金属のコーティングを行う場合には，このことを十分考慮する必要がある。

おわりに，本研究をまとめるにあたり，適切な御助言をいただいた，山形大学工学部安濃恒友教授，小野寺力男教授，大内隆夫教授に感謝の意を捧げる次第である。

文 献

- (1) 川添, 菊地 : 電学誌, **80**, 1228 (1960)
- (2) 鈴木, 横井 : 電学誌, **88**, 735 (1968)
- (3) Snao-Chi-Lin : J. Appl. Phys. **25**, 55 (1954)
- (4) W.G. Chace & H.K. Moor : Exploding Wires, vol. 3, p. 1 ~ p. 7, Plenum Press, New York (1964)
- (5) 元木 : 放電応用装置, p.131, 日刊工業新聞社 (1966)
- (6) 檜原, 福田 : 九州大学応用力学研究所所報, **26**, 111 (1967)
- (7) 檜原, 福田, 伊藤 : 九州大学応用力学研究所所報, **27**, 65 (1967)
- (8) 檜原, 福田, 伊藤 : 九州大学応用力学研究所所報, **30**, 13 (1968)
- (9) 檜原, 福田, 伊藤, 福永 : 九州大学応用力学研究所所報, **34**, 11 (1970)
- (10) W.H. Chace & H.K. Moor : (4) の vol. 4
- (11) A.E. Wastos : J. Appl. Phys., **44**, 106 (1973)
- (12) A.E. Wastos : J. Appl. Phys., **44**, 628 (1973)
- (13) 元木, 福田, 行村 : 電学誌, **94-A**, 273 (1974)
- (14) 津村 : 機械応用力学, 実教出版 (1970)
- (15) 東北金属工業 K.K. : NEPEC, p.101
- (16) 宮地, 宮川 : 送配電工学, コロナ社 (1966)
- (17) 元木, 行村, 久須本, 宮上 : 昭和48年電気学会全国大会予稿集150
- (18) F.D. Bennett : Phys. Fluids, **1**, 347 (1958)
- (19) F.D. Bennett : J. Appl. Phys., **45**, 3429 (1974)
- (20) W.G. Chace & H.K. Moor : (4) の vol. 1 (1959)

Behavior of Shock Waves Produced by Exploding Wire

Masamitsu TSUCHIYA* and Hideaki SATO**

*Department of Electrical Engineering, Technical Junior College

**Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering

This paper deals mainly with the role of exploding wire in transferring energy from the capacitor to the shock wave, the determination of the efficiency of energy transfer process, and the expansion of vaporized wire under the influence of reflected shock waves. The expansion of vaporized wire and the intensity of shock wave have been measured by using high speed camera and piezoelectric element (PZT),

Experimental results show that the time from electric energy supply to burst is a important part of the exploding wire and that the rate of energy input into wire is a very important factor for the generation and the intensity of shock wave. It is further shown that the expansion of exploded wire is affected by the shock wave reflected from the surrounding barriers. The metal coating efficiency can be raised by the effective action of reflected shock wave.